

# KAJIAN KADAR UNSUR KROM DALAM LIMBAH TEKSTIL DENGAN METODE AAN

Oleh :  
Duwi Fitriyati / J2D 004 167  
2009

## INTISARI

Telah dilakukan penelitian Kajian Kadar Unsur Krom Dalam Limbah Tekstil Dengan Metode AAN di Kabupaten Sukoharjo.

Sampel yang diambil berupa sampel endapan dan sampel cair. Sampel diiradiasi dengan fasilitas iradiasi lazy susan, teras reaktor kartini selama 11 jam kemudian dilakukan pencacahan dengan detektor HPGe selama 300 detik.

Hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa sampel mengandung unsur Cr-51. Secara kuantitatif kadar unsur krom yang terkandung pada sampel endapan satu kali pengolahan sebesar  $(156,34 \pm 25,15)$  ppm, sampel cairan dengan satu kali proses pengolahan  $(0,42 \pm 0,06)$  ppm, sampel padatan pada akhir pembuangan  $(116,61 \pm 18,31)$  ppm, dan cairan pada akhir pembuangan  $(0,39 \pm 0,21)$  ppm. Berdasarkan PP No 82 tahun 2001 kadar krom pada sampel cair masih di bawah baku mutu air.

Kata kunci : AAN, kadar krom, baku mutu

## ABSTRACT

*Has been identified Chrom unsure's content in textile waste by Neutron Activation Analyze in Sukoharjo regency.*

*The samples took as sediment and liquid. Samples irradiated by Lazy Susan irradiator, Kartini terrace, for along 11 hours and then it'll counted by HPGe detector for along 300 seconds.*

*The result of qualitative analyze show that it contains chrom (Cr-51) unsure. Quantitatively, chrom unsure's content in once processed sediment sample is  $(156.34 \pm 25.15)$  ppm, and in once processed liquid sample is  $(0.42 \pm 0.06)$  ppm, and in ending waste sediment sample is  $(116.61 \pm 18.31)$  ppm, and the last in ending waste liquid sample is  $(0.39 \pm 0.21)$  ppm. Based on PP No. 82 Tahun 2001 chrom's content inside liquid sample is still under water quality standard.*

*Keywords : Neutron Activation Analyze, chrom's content, quality standard*

## PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bertambahnya jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan hidup manusia sehingga memunculkan tempat yang menghasilkan limbah berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup di sekitarnya. Kegiatan industri disamping meningkatkan kesejahteraan, ternyata juga menghasilkan limbah sebagai pencemar lingkungan.

Pencemaran lingkungan akan menimbulkan kerusakan lingkungan bahkan dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Pencemaran lingkungan juga akan mengotori sumber air disekitar sedangkan air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan dimuka bumi ini. Untuk mendapatkan air yang baik sesuai dengan standar tertentu, saat ini menjadi barang yang mahal karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah. <sup>[1]</sup>

Limbah merupakan hasil buangan yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga maupun dari rumah sakit yang berupa padat, cair maupun gas yang akan menimbulkan gangguan baik terhadap lingkungan, kesehatan, kehidupan biotik, keindahan serta kerusakan pada benda, karena masih banyak industri yang membuang limbahnya ke lingkungan tanpa pengolahan yang benar <sup>[2]</sup>

Keadaan sekarang khususnya di daerah perkotaan banyak sungai yang tercemar disebabkan karena aliran limbah industri di daerah pedesaan akan lebih fatal akibatnya karena hasil buangan yang sulit terurai dapat mengganggu lingkungan perairan yang banyak digunakan oleh masyarakat pedesaan untuk irigasi persawahan dan untuk kehidupan sehari-hari. Untuk menjelaskan hal tersebut diatas, diperlukan analisis unsur-unsur dalam lingkungan yang tercemar oleh limbah industri.

Keadaan sekarang khususnya di daerah perkotaan banyak sungai yang tercemar disebabkan karena aliran limbah industri di daerah pedesaan akan lebih fatal akibatnya karena hasil buangan yang sulit terurai dapat mengganggu lingkungan perairan yang banyak digunakan oleh masyarakat pedesaan untuk irigasi persawahan dan untuk kehidupan sehari-hari. Untuk menjelaskan hal tersebut di atas, diperlukan analisis unsur-unsur dalam lingkungan yang tercemar oleh limbah industri <sup>[1]</sup>.

Logam berat merupakan limbah berbahaya yang sering digunakan sebagai bahan dasar industri tekstil, salah satu diantaranya adalah krom. Apabila limbah industri tekstil dibuang langsung ke dalam lingkungan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, berakibat menambah jumlah ion logam pada air lingkungan. Air lingkungan yang berlebihan pada umumnya tidak dapat dikonsumsi sebagai air minum.<sup>[4]</sup>

Dibandingkan dengan metode gravitimetri, kalorimetri, spektrofotometri dan spektrometer massa, metode AAN mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi dan sangat teliti dengan hasil analisis tidak dipengaruhi oleh unsur-unsur dalam senyawa kimia karena menggunakan hasil reaksi inti. Dalam penelitian ini metode AAN digunakan untuk mengidentifikasi unsur logam berat yang terkandung dalam limbah tersebut<sup>[5]</sup>

Analisis aktivasi neutron didasarkan pada pengetahuan dan teknologi nuklir yang melibatkan reaksi radioaktivitas dan pengukuran aktivitas sinar- $\gamma$  dengan menggunakan spektrometer gamma. Pada layar spektrometri gamma akan ditampilkan spektrum radiasi gamma yang muncul pada beberapa nomor salur yang berlainan. Data tampilan spektrum tersebut dapat dipakai untuk menganalisis unsur-unsur yang terkandung dalam sampel secara kualitatif maupun kuantitatif. Setiap unsur radioaktif memancarkan radiasi dengan energi yang berbeda-beda sehingga analisis kualitatif dapat dilakukan dengan cara menentukan nomor salur munculnya spektrum radiasi gamma. Sedangkan analisis kuantitatif dilakukan berdasarkan pencacahan sehingga diperoleh cps dan untuk menghitung massa sampel dipergunakan  $\text{cps}_0$ <sup>[3]</sup>. Yang dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{cps}_0 = \text{cps}_t \cdot e^{0,693t/T} \quad (1)$$

dengan:

$\text{cps}_t$  = cps yang diketahui dari pencacahan.

$\text{cps}_0$  = cps saat aktivasi dihentikan ( $t = 0$ )

$t$  = waktu tunda yaitu waktu dari akhir aktivasi sampai dengan waktu pencacahan.

T = waktu paruh unsur standat

### Kalibrasi Spektrometer Gamma

Sebelum digunakan untuk analisis perlu dilakukan kalibrasi terhadap spectrometer gamma yang dilakukan dengan jalan mencacah sumber standar yaitu sumber yang telah diketahui tingkat tenaga karakteristik gamma, dalam hal ini digunakan Eu 152.

### Kalibrasi Tenaga

Kalibrasi tenaga diperlukan untuk mencari hubungan antara tenaga dan nomor saluran yang dinyatakan dengan rumus:

$$y = ax + b \quad (2)$$

dengan:

y = tenaga

x = nomor salur

Jika ordinat y adalah tenaga dan absis x adalah nomor salur maka dengan pengukuran puncak gamma dapat ditentukan nilai slope a dan titik potong intersep b dengan persamaan:

$$a = \left(\frac{1}{n}\right)(\sum Y_i) - a \left(\frac{1}{n}\right)(\sum X_i) \quad (3)$$

$$b = \left[ \left( \sum X_i Y_i \right) - \left( \frac{1}{n} \right) \left( \sum X_i \right) \left( \sum Y_i \right) \right] / \left[ \left( \sum X_i^2 \right) - \left( \frac{1}{n} \right) \left( \sum X_i \right)^2 \right] \quad (4)$$

### Kalibrasi Efisiensi

Dari hasil kalibrasi tenaga didapatkan luas puncak serapan total yang menunjukkan jumlah cacah rasio nuklida yang terkandung dalam suatu puncak gamma. Jika dari luas puncak serapan tersebut yang dipakai untuk menentukan

efisiensi maka dengan sendirinya nilai intensitas mutlak tenaga adalah (Y)E sebagai konsekuensinya efisiensi deteksi juga merupakan fungsi tenaga %  $\varepsilon(E)$

$$\varepsilon(E) = \frac{cps}{dps.Y(E)} \times 100\%$$

Dengan:

Cps = laju cacah pada saat t detik

Dps = aktivitas sumber standar Eu 152

YE = Yield atau intensitas mutlak didapat dari tabel tenaga radionuklida

Kurva kalibrasi efisiensi diperoleh dari plot efisiensi tenaga dengan memakai persamaan garis regresi linier  $ax + b$ , a dan b dicari menurut persamaan dengan harga y adalah log efisiensi sedangkan x adalah log tenaga<sup>[4]</sup>

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel limbah cairan dan endapan satu kali pengolahan dan pada akhir pembuangan, material standar Cr 3% dan Cr 20 .

### **Alat**

Alat yang digunakan adalah fasilitas iradiasi Reaktor Kartini *Lazy Susan* dan alat pencacah *multi channel analyzer* (MCA)

### **Pengambilan Sampel**

Metode yang digunakan dalam pengambilan cuplikan adalah metode pengambilan data dengan cara pengambilan terhadap sebagian sampel yang hasilnya diharapkan dapat untuk mengambil kesimpulan secara umum dari kondisi tempat tersebut.

Cuplikan cair dari dalam pabrik diambil setelah pengolahan pertama dengan menggunakan botol 1,5 liter. Sampel endapannya diambil dari sampel yang mengendap pada sampel cairan. Cuplikan cairan diluar diambil secara langsung tanpa

melalui proses apapun dari tempat pembuangan limbah akhir dengan menggunakan botol plastik dengan volume 1,5 liter, sedangkan untuk sedimen diambil dari endapan limbah dengan menggunakan botol 1,5 liter juga.

### **Preparasi Cuplikan Cair**

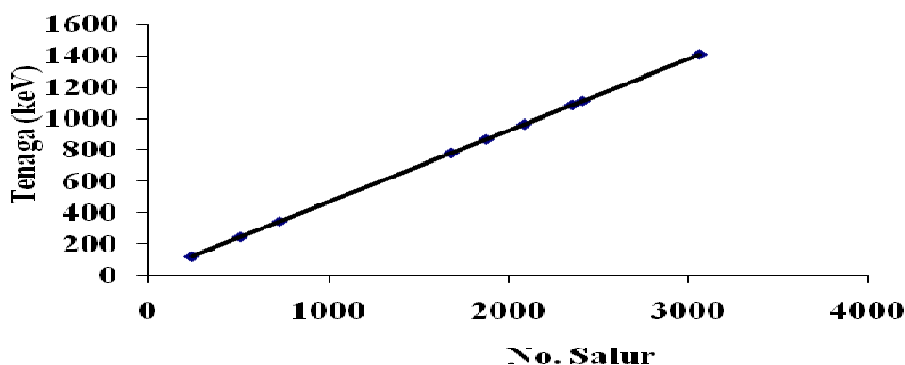
Cuplikan cair diambil 1 liter, disaring dengan kertas saring kemudian dimasukan kedalam labu ukur. Sebelum dipekatkan cuplikan cair ini ditambah dengan  $\text{HNO}_3$  5 ml sebagai asam kuat hingga warna cuplikan ini berubah sedikit cerah.  $\text{HNO}_3$  ini berfungsi untuk merusak ikatan dengan senyawa organik dan melarutkan logam. Kemudian cuplikan dipanaskan diatas kompor listrik dengan menggunakan gelas ukur yang terbuat dari *phirex* hingga volumenya menjadi 100 ml. Hasil pemekatan tersebut diambil dengan pipet sebanyak 1 ml kemudian dimasukan kedalam vial *polyetilene*, untuk menjaga agar cuplikan tidak tumpah maka vial polyetilen dimasukan kedalam plastik klip dan diberi label. Tahap terakhir dari preparasi adalah sampel dimasukan dalam selongsong dan sampel siap untuk diiradiasi bersama material standar.

### **Prparasi sedimen**

Untuk preparasi sedimen dilakukan dengan cara membersihkan sedimen dari kotoran-kotoran yang mengganggu. Sedimen ini ditambah  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebagai asam kuat dan diaduk hingga merata, kemudian dikeringkan kedalam *furnace* bersuhu  $500^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Setelah benar-benar kering cuplikan akan berwujud tanah halus seperti pasir yang berwarna coklat muda. Hasil ini ditumbuk dengan agar lebih halus dan diayak dengan ayakan 100 mesh lolos. Kemudian dengan menggunakan timbangan digital, cuplikan ditimbang dengan massa 0,1 gram. Setelah itu sampel dimasukan kedalam vial *polyetilene* dan untuk menjaga agar sampel tidak tumpah vial dimasukan kedalam plastik klip dan diberi label. Sama dengan sampel cair, tahap terakhir dari preparasi adalah sampel dimasukan kedalam selongsong. Tahap ini sedimen sudah siap untuk diiradiasi bersama sampel standar.

### **Pencacahan**

**Kurva Kalibrasi Tenaga Eu-152**



Pengukuran radioaktivitas unsur dilakukan dengan alat spektrometr  $\gamma$  resolusi deteksi tinggi dengan detektor semikonduktor jenis HPGe dan *Multy Chanel Analyzer* (MCA). Tiap cuplikan dan standar dicacah dengan waktu yang telah kita tentukan yaitu 5 menit per cuplikan. Sebelum digunakan perangkat spektrometer gamma di kalibrasi terlebih. Kalibrasi yang digunakan adalah kalibrasi tenaga. Hasil kalibrasi dilakukan dengan mencacah sumber Eu 152 sebagai sumber multi gamma, pengukuran banyak puncak dilakukan secara serempak sesuai dengan jangka waktu yang diamati, apabila dibuat grafik tenaga sinar gamma standar terhadap salur puncak serapan total

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum dilakukan pencacahan, sampel yang telah diiradiasi di reaktor selama 11 jam kemudian selama 10 hari sampel diamankan dan dikeluarkan dari selongsongnya. Setelah itu, dilakukan kalibrasi energi, kalibrasi efisiensi, analisa kualitatif dan analisa kuantitatif

Hasil kalibrasi dilakukan dengan mencacah sumber Eu-152 sebagai sumber multi gamma, pengukuran banyak puncak dilakukan secara serempak sesuai dengan jangka waktu yang diamati, apabila dibuat grafik tenaga sinar gamma standar terhadap salur puncak serapan total maka didapat garis lurus seperti pada gambar 1

Gambar 1 Grafik kalibrasi energi

### Kalibrasi Efisiensi

Hasil pencacahan menunjukkan harga efisiensi dengan persamaan kalibrasi efisiensi  $Y = 0,455x + 11,63$  dengan  $r = 0,9976$  mendekati 1 yang berarti alat dalam kondisi baik untuk analisis. Setelah didapat harga tenaga kemudian dicocokkan dengan tabel isotop sehingga diketahui unsur yang terdapat di dalam sampel

### Hasil Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan besarnya energi sinar gamma dari radionuklida yang terbentuk dan dengan cara tersebut dapat diketahui unsur-unsur yang tetap di dalam sampel. Hasil analisis kualitatif disajikan dalam tabel

Tabel 1.1 Hasil pencacahan pada sampel endapan satu kali pengolahan

Sampel (Kode)	No.Salur	Energi(keV)	Keterangan
Sampel 1 (LPD 1)	676,88	320,07	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 2 (LPD 2)	676,57	319,93	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 3 (LPD 3)	677,24	320,23	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 4 (LPD 4)	676,62	319,95	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 5 (LPD 5)	676,97	320,11	Unsur yang terdeteksi Cr

Tabel 1.2 Hasil pencacahan pada sampel endapan pada pembuangan

Sampel (Kode)	No.Salur	Energi(keV)	Keterangan
Sampel 1 (LPL1)	676,68	319,98	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 2 (LPL 2)	676,45	319,87	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 3 (LPL 3)	676,76	320,02	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 4 (LPL 4)	676,45	319,87	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 5 (LPL 5)	676,60	319,94	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 6 (LPL 6)	676,71	319,99	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 7 (LPL 7)	676,49	319,89	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 8 (LPL 8)	676,47	319,88	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 9 (LPL 9)	676,27	319,87	Unsur yang terdeteksi Cr



Sampel 10 (LPL 10)	676,78	319,93	Unsur yang terdeteksi Cr
--------------------	--------	--------	--------------------------

Tabel 1.3 Hasil pencacahan pada sampel cair 1kali pengolahan

Sampel (Kode)	No.Salur	Energi(keV)	Keterangan
Sampel 1 (LD 1)	674,82	319,13	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 2 (LD 2)	679,17	321,11	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 3 (LD 3)	676,76	320,02	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 4 (LL 4)	674,83	319,14	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 5 (LL 5)	676,88	320,07	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 6 (LL 6)	677,63	320,41	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 7 (LL 7)	675,13	319,27	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 8 (LL 8)	678,17	320,66	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 9 (LL 9)	674,38	318,93	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 10 (LL 10)	675,91	319,63	Unsur yang terdeteksi Cr

Tabel 1.4 Hasil pencacahan pada sampel cair pada pembuangan

Sampel (Kode)	No.Salur	Energi(keV)	Keterangan
Sampel 1 (LL 1)	678,90	320,99	Tidak terdeteksi unsur Cr
Sampel 2 (LL 2)	676,00	319,67	Tidak terdeteksi unsur Cr
Sampel 3 (LL 3)	676,86	320,06	Tidak terdeteksi unsur Cr
Sampel 4 (LL 4)	677,33	320,28	Tidak terdeteksi unsur Cr
Sampel 5 (LL 5)	676,65	319,96	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 6 (LL 6)	677,69	320,44	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 7 (LL 7)	674,36	318,92	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 8 (LL 8)	683,11	322,91	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 9 (LL 9)	675,50	319,44	Unsur yang terdeteksi Cr
Sampel 10 (LL 10)	679,60	321,31	Unsur yang terdeteksi Cr

### Analisis Kuantitatif

Berbeda dengan analisis kualitatif yang didasarkan pada puncak dengan intensitas absolut tertinggi, analisis kuantitatif dilakukan berdasarkan pada aktifitas sinar gamma.

Aktifitas merupakan jumlah sinar gamma persatuan waktu yang dipancarkan. Aktifitas sinar gamma yang dipancarkan sebanding dengan jumlah/konsentrasi unsur dalam cuplikan. Oleh karena itu dengan analisis kuantitatif, telah diketahui massa serta kadar unsur dalam sampelyu. Hasil analisis kuantitatif unsur yang terdapat di dalam sampel disajikan dalam Tabel

Tabel 2.1 Tabel laju cacah Cr-51 ( $Cps_0$ ) hasil analisis kuantitatif

No	Sampel	$Cps_0$	Keseksamaan
1	LPD	$(0,97 \pm 0,03)$	99,84%
2	LPL	$(0,72 \pm 0,01)$	99,89%
3	LCD	$(0,02 \pm 0,01)$	81,88%
4	LCL	$(0,01 \pm 0,01)$	25,40%

Tabel 2.2 Tabel laju cacah Cr-51 ( $Kc$ ) hasil analisis kuantitatif

No	Sampel	$Kc()$	Keseksamaan
1	LPD	$(156,34 \pm 25,15)$	83,92 %
2	LPL	$(116,61 \pm 18,31)$	84,30%
3	LCD	$(0,42 \pm 0,06)$	86,47%
4	LCL	$(0,39 \pm 0,21)$	47,34 %

## PEMBAHASAN

Metode AAN dapat diaplikasikan untuk menganalisis unsur dalam berbagai bentuk fisis (padatan, cair dan gas), disamping itu juga dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar kandungan unsur dalam sampel. Atom-atom dalam sampel akan menjadi radiaktif jika ditembak dengan neutron cepat. Atom yang berada dalam keadaan tidak stabil akan meluruh untuk mencapai kestabilan. Peluruhan tersebut akan memancarkan sinar- $\gamma$  karakteristik yang khas yang dapat dideteksi oleh spektrometri gamma.

Dari hasil AAN untuk limbah tekstil dari salah satu perusahaan yang berada di sukoharjo terdapat salah satu unsur logam yaitu Krom. Ini diketahui dari sinar- $\gamma$  yang dipancarkan pada nomor salur 720 dan energinya 320 keV. Krom merupakan logam berwarna abu-abu, dalam hal ini digunakan dalam industri tekstil.

Endapan padat yang dibuang ke bak penampungan merupakan sumber kontaminan terhadap air tanah, disekitar perusahaan tekstil itu terdapat perumahan penduduk, pasar, pertokoan dan persawahan. Air disekitar perusahaan ini digunakan sebagai pengairan sawah, minum, dan kegiatan rumah tangga lain sehari-hari. Kandungan krom ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia, selain itu para pekerja yang menggunakan krom pasti juga beresiko tinggi terkontaminasi oleh krom. Kulit yang bersentuhan dengan krom maupun hidung yang menghirup krom secara berlebihan akan mengganggu juga metabolise tubuh maupun nafas.

Dari penelitian diperoleh kadar krom pada sampel endapan dengan satu kali pengolahan sebesar  $(156,34 \pm 25,15)$  ppm, sampel cairan dengan satu kali proses pengolahan  $(0,42 \pm 0,06)$  ppm, sampel padatan pada akhir pembuangan  $(116,61 \pm 18,31)$  ppm, dan cairan pada akhir pembuangan  $(0,39 \pm 0,21)$  ppm. Dalam hasil ini dapat dilihat bahwa kadar krom dalam sampel padat maupun cairan pada sampel telah mengalami pengolahan satu kali dan pada sampel limbah yang telah mengalami proses akhir pengolahan sampai berada di bak penampungan. Didapatkan kadar krom yang berbeda, kandungan krom yang lebih besar pada sampel limbah yang mengalami satu kali proses pengolahan, disebabkan juga waktu tunda yang berbeda antara keempat sampel tersebut, waktu tunda yang semakin lama menyebabkan aktivitas unsur yang memiliki waktu paruh pendek semakin rendah sehingga tidak terdeteksi adanya suatu unsur.

Besarnya perbedaan kadar logam Cr dalam sampel limbah cair setelah mengalami satu kali pengolahan dan pada sampel limbah cair pada akhir pembuangan adalah sebesar 0,03 . Pada sampel limbah cair dengan proses satu kali pengolahan ternyata sudah memenuhi baku mutu air menurut Peraturan Pemerintah

Nomor. 82 Tahun 2001 dan limbah pada pembuangan akhir pun juga memenuhi standar tersebut.

Limbah cair yang terdapat dalam bak penampungan mengalami penguapan. Suhu lingkungan membuat air menguap, sehingga kadar unsur yang ada menjadi tinggi. Limbah cair tersebut sebelum dibuang ke bak penampungan juga mengalami penyaringan terlebih dahulu, sehingga pada saat dibuang ke penampungan kadar kromnya sudah tidak tinggi lagi seperti pada sampel endapan. Konsentrasi unsur krom yang terlarut dalam air dipengaruhi juga oleh musim. Adanya perbedaan musim juga mempengaruhi konsentrasi logam krom.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor. 82 Tahun 2001 tentang pengendalian pencemaran air, besarnya kadar air, besarnya kadar krom sesuai dengan baku mutu air golongan D adalah 1 mg/L. Kadar krom yang terdapat dalam cairan sebesar  $(0,42 \pm 0,06)$  ppm dan  $(0,39 \pm 0,21)$  ppm. Kadar limbah tersebut masih dibawah baku mutu limbah.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil analisis limbah tekstil salah satu perusahaan tekstil di Sukoharjo dengan metode AAN untuk kondisi musim kemarau dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kadar unsur krom yang terkandung pada sampel endapan satu kali pengolahan sebesar  $(156,34 \pm 25,15)$  ppm sedangkan pada sampel cairan dengan satu kali proses pengolahan  $(0,42 \pm 0,06)$  ppm dan pada sampel padatan pada akhir pembuangan  $(116,61 \pm 18,31)$  ppm sedangkan pada sampel cairan pada akhir pembuangan  $(0,39 \pm 0,21)$  ppm
2. Kadar unsur Cr dalam limbah cair satu kali pengolahan dengan limbah pembuangan akhir mengalami perbedaan sebesar 0,03
3. Kadar yang terkandung dalam cuplikan cair kadar tersebut juga masih relevan dengan peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam kategori IV

## DAFAR PUSTAKA

- [1] Wardhana, W.A., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Yogyakarta : Penerbit Andi
- [2] Sunardi, Nuraini E., Supriyatni E., 2001, *Analisis Unsur yang Terkandung Dalam buangan P3TM dengan Neutron Cepat 14 MeV dari Generator Neutron SamesJ-2, Prosiding*. Yogyakarta : P3TM-BATAN.
- [3] Susetyo, W., 1988, *Spektrometri Gamma*, Yogyakarta : Gajah Mada University press
- [4] Sulistowati. 2007, *Identifikasi Unsur Logam Berat Dalam Limbah Tekstil dengan Metode AAN* Skripsi S-1 Universitas Diponegoro : Semarang.
- [5] Khairani,N., 2007,*Penentuan Kandungan Unsur Krom Dalam Limbah Tekstil Dengan Metode AAN* , Skripsi S-1 Universitas Diponegoro :Semarang